

УДК 622.24.051

КОРЕЛЯЦІЙНІ ЕМПІРИЧНІ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ СТАТИЧНОЮ СКЛАДОВОЮ НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОЛОТО ТА МЕХАНІЧНОЮ ШВИДКІСТЮ БУРІННЯ ЗА РІЗНИХ ЗНАЧЕНЬ ЖОРСТКОСТІ КОМПОНОВКИ СТЕНДОВОГО ІНСТРУМЕНТУ

Р.Б. Щербій, М.В. Мойсишин, Б.Д. Борисевич

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42453,
e-mail: public@nuing.edu.ua

Для встановлення кореляційних емпіричних залежностей між параметрами буріння (осьовим статичним навантаженням на долото і частотою обертання долота) та механічною швидкістю буріння на буровому стенді ІФНТУНГ проведені три серії досліджень за класичним планом. Жорсткість бурового інструменту встановлювалась на двох рівнях. Для перших двох серій змінним фактором було осьове статичне навантаження на долото, в третій серії – частота обертання долота. Для порівняння статистичних характеристик двох вибірок із значеннями механічної швидкості буріння V_{Xi} і V_{Yi} , одержаних для різних рівнів жорсткості компоновки, була застосована статистична перевірка параметричних гіпотез. За результатами досліджень встановлено шість емпіричних залежностей $V_{MEX} = f(F_{CT})$ і дві – $V_{MEX} = f(n_{дол})$. Незалежно від значень параметрів буріння, типу долота та фізико-механічних властивостей породи зменшення жорсткості бурового інструменту призводить до зростання механічної швидкості буріння.

Ключові слова: буровий стенд, жорсткість, параметри процесу буріння, вибірка, механічна швидкість буріння, статистичні характеристики, параметричні гіпотези, кореляційна емпірична залежність

Для установления корреляционных эмпирических зависимостей между параметрами бурения (осевой статической нагрузкой на долото, частотой его вращения) и механической скоростью бурения на буровом стенде ИФНТУНГ проведены три серии исследований по классическому плану. Жесткость бурового инструмента устанавливалась на двух уровнях. Для первых двух серий переменным фактором была осевая статическая нагрузка на долото, в третьей серии изменялась частота вращения долота. Для сравнения статистических характеристик двух выборок со значениями механической скорости бурения V_{Xi} и V_{Yi} , полученных для двух уровней жесткости бурового инструмента, использовалась статистическая проверка параметрических гипотез. По результатам исследований было установлено шесть эмпирических зависимостей $V_{MEX} = f(F_{CT})$ и две – $V_{MEX} = f(n_{дол})$. Независимо от значений параметров бурения, типа долота и физико-механических свойств породы уменьшение жесткости бурового инструмента приводит к росту механической скорости бурения.

Ключевые слова: буровой стенд, жесткость, параметры процесса бурения, выборка, механическая скорость бурения, статистические характеристики, параметрические гипотезы, корреляционная эмпирическая зависимость

For establishment of correlation empiric dependences between the parameters of the boring drilling (the axial static loading on a bit, frequency of rotation of bit) and mechanical speed of the boring drilling, on a boring stand of IFNTUOG three series of researches after a classic plan were conducted. Inflexibility of boring instrument was set at two level. For the first two series the axial static loading on a chisel in the third series was a variable factor - frequency of rotation of chisel. For comparison of statistic descriptions of two selections with the values of mechanical speed of the boring drilling V_{Xi} and V_{Yi} , getting for different levels of inflexibility of arrangement a method was applied „Statistical verification of parametrical hypotheses“. As a result of researches six empiric dependences are set $V_{MEX} = f(F_{CT})$ and two – $V_{MEX} = f(n_{дол})$. Regardless of values of parameters of the boring drilling, type of chisel and physical mechanical properties generate reduction of inflexibility of boring instrument results in growth of mechanical speed of the boring drilling.

Keywords: drilling bedstead, inflexibility, parameters of the boring drilling, set, frequency of rotation, statistic descriptions, parametrical hypotheses, correlation empiric dependences

У процесі буріння нафтових та газових свердловин шарошковими долотами виникають коливання бурової колони з одночасною появою додаткового динамічного навантаження на гірську породу, елементи бурової колони і наземного обладнання. Для зменшення шкідливого впливу коливань на роботу бурової колони в компоновці її низу застосовують віброзахисні пристрої (ВЗП), які називаються амортизаторами. Перший вібропоглинач був випробуваний в 1960 р. у Західному Техасі. У 1964 р. почалися

промислові випробовування гумово-металічного амортизатора «Дрілко». За позитивними результатами цих випробовувань він був впроваджений на промислах у 1967 р. Основним призначенням цих амортизаторів було зниження рівня вібрацій бурового інструмента [2].

Ефективність використання амортизатора оцінюється за даними зношуваності елементів бурової колони і наземного обладнання. Спостереження за ресурсом їх роботи вимагає тривалого часу. Під час використання амортизатора

ра на бурових США було виявлено його вплив на основні показники буріння: механічну швидкість і проходку на долото [2]. За результатами цих досліджень встановлено, що використання амортизатора у компоновці низу бурової колони зменшувало вартість одного метра буріння від 14 до 23\$.

Враховуючи зазначене вище, основним чинником, який визначає економічну ефективність використання амортизатора, є підвищення механічної швидкості буріння. Дослідження, проведені у США та інших країнах, відзначають як збільшення механічної швидкості буріння, так і її зменшення у випадку застосування амортизаторів [1]. В роботі [3] наведено результати випробувань амортизаторів у ВО "Краснодарнафтогаз" у Західному Сибіру, та у ВО "Укрзахіднафтогаз", за якими використання амортизатора одного ж і того типу залежно від умов експлуатації, по-різному впливає на показники буріння. Це свідчить про необхідність обґрунтованого вибору характеристик амортизатора для конкретних умов буріння, який можна зробити тільки на основі кореляційних залежностей між механічною швидкістю буріння та параметрами амортизатора, одним з яких є жорсткість, яка визначає кількість потенційної енергії, що акумулюється при його пружній деформації.

Для встановлення цих залежностей був вибраний метод стендових експериментальних досліджень, під час проведення яких режим буріння і параметри компоновки бурового інструмента мають строго фіксовані значення та можливість їх зміни в певних межах для конкретних фізико-механічних характеристик гірської породи.

Метою досліджень, проведених на буровому стенді ІФНТУНГ за класичним планом, було встановлення кореляційних залежностей між параметрами буріння, осевим статичним навантаженням на долото, частотою обертання долота та механічною швидкістю буріння для різних рівнів жорсткості бурильного інструменту, впливу жорсткості компоновки на механічну швидкість буріння. Постійні чинники першої серії досліджень: частота обертання долота – $n_{\text{дол}} = 82 \text{ хв}^{-1}$, витрата промивальної рідини (води) – $Q = 7 \text{ л/с}$, діаметр долота – 76 мм, тип долота – ОК, коефіцієнт демпфування компоновки – $\beta = 0,1 \text{ кН}\cdot\text{с/м}$.

Змінні чинники: осьове статичне навантаження на долото $F_{\text{ст}}$, яке встановлювалась на семи рівнях: 2,5; 5; 7,5; 10; 15; 20 і 25 кН, та жорсткість компоновки бурильного інструменту, яка встановлювалась на двох рівнях: 225 і 6000 кН/м. В якості розбурюваної породи використовувались блоки сірого граніту, твердість по штампу – 3120 МПа.

Постійні чинники другої серії досліджень: частота обертання долота – $n_{\text{дол}} = 188 \text{ хв}^{-1}$, розхід промивальної рідини (води) – $Q = 7 \text{ л/с}$, діаметр долота – 93 мм, тип долота – Т, коефіцієнт демпфування компоновки – $\beta = 0,1 \text{ кН}\cdot\text{с/м}$.

Змінні чинники: осьове статичне навантаження на долото $F_{\text{ст}}$, яке встановлювалась на

десяти рівнях: 10; 11,5; 13; 14,25; 15; 18; 21; 24; 26,5 і 29 кН, та жорсткість компоновки бурильного інструменту, яка встановлювалась на двох рівнях: 225 і 6000 кН/м. В якості розбурюваної породи використовувались блоки пісковика воротищенської світи, складені з двох, різних за своєю твердістю, пропластків – $p_{\text{ш1}} = 2050 \text{ МПа}$ і $p_{\text{ш2}} = 1440 \text{ МПа}$.

Постійні чинники третьої серії досліджень: осьове статичне навантаження на долото – $F_{\text{ст}} = 25 \text{ кН}$, витрата промивальної рідини (води) – $Q = 7 \text{ л/с}$, діаметр долота – 76 мм, тип долота – ОК, коефіцієнт демпфування компоновки – $\beta = 0,1 \text{ кН}\cdot\text{с/м}$.

Змінні чинники: жорсткість компоновки бурильного інструменту, яка встановлювалась на трьох рівнях: 225, 1000 і 6000 кН/м, та частота обертання долота, яка встановлювалась на чотирьох рівнях: 82, 133, 188 і 285 хв^{-1} , та жорсткість компоновки бурильного інструменту, яка встановлювалась на двох рівнях: 225 і 6000 кН/м. В якості розбурюваної породи використовувались блоки сірого граніту, твердість по штампу – 3120 МПа.

Мінімальна кількість паралельних дослідів у ході проведення досліджень дорівнювала трьом.

Для визначення статистичних характеристик вибірок механічної швидкості буріння необхідно задатись величиною надійності β , з якою можна гарантувати потрапляння математичного сподівання значення механічної швидкості буріння в визначений інтервал надійності. Для досліджень процесів буріння нафтових і газових свердловин слід приймати це значення в межах $\beta = 0,8 \dots 0,95$.

В таблиці 1 наведені статистичні характеристики вибірок механічної швидкості буріння, визначені за надійності якого $\beta = 0,8$.

Статистичні характеристики вибірок механічної швидкості буріння першої серії досліджень наведені у таблиці 1.

Для порівняння статистичних характеристик двох вибірок із значеннями механічної швидкості буріння $V_{X,i}$ і $V_{Y,i}$, одержаних для різних рівнів жорсткості компоновки, застосовуємо статистичну перевірку параметричних гіпотез.

За цим методом висувається гіпотеза про рівність дисперсій та середніх значень вибірок: $D_{V_X} = D_{V_Y}$ і $\bar{V}_{CP,X} = \bar{V}_{CP,Y}$. Ця гіпотеза називається нульовою – H_0 . Проти цієї гіпотези висувається альтернативна (конкуруюча) гіпотеза H_A , яка стверджує, що ці вибірки не відносяться до одної генеральної сукупності, тобто $D_{V_X} \neq D_{V_Y}$ і $\bar{V}_{CP,X} \neq \bar{V}_{CP,Y}$, за $C_X < C_Y$. Критична область прийняття гіпотез – правостороння.

Згідно із згаданим методом вибіркві дисперсії вибірок спочатку порівнюються за статистичним критерієм F . Умова прийняття нульової гіпотези про рівність дисперсій для вибраного рівня значущості α має вигляд – $F_{\text{ем}} < F_{\text{кр}}$, де $F_{\text{ем}}$ – експериментальне (емпіричне) значення критерію, обчислене за значеннями

Таблиця 1 – Статистичні характеристики вибірок значень механічної швидкості буріння першої серії досліджень

№ виб.	F _{СТ} , кН	C, кН/м	V _{мех.і} , м/год	V _{мех.ср} , м/год	Дисперсія D _V (м/год) ²	Стандарт σ _V , м/год	Надійний інтервал, V _{мех.ср} ± ε _V	Точність визначення V _{мех.ср} -Т%
1	2,5	225	0,11; 0,06; 0,07	0,08	7,02·10 ⁻⁴	0,0265	0,08±0,02	19,1
2		6000	0,038; 0,016; 0,033	0,029	1,32·10 ⁻⁴	0,0115	0,029±0,01	22,9
3	5	225	0,2; 0,18; 0,28	0,22	0,0028	0,0529	0,22±0,04	13,9
4		6000	0,07; 0,08; 0,12	0,09	0,0007	0,0265	0,09±0,02	17
5	7,5	225	0,33; 0,47; 0,34	0,38	0,0061	0,0781	0,38±0,06	11,9
6		6000	0,18; 0,17; 0,22	0,19	0,0007	0,0265	0,19±0,02	8,0
7	10	225	0,52; 0,67; 0,55	0,58	0,0063	0,0794	0,58±0,047	6,0
8		6000	0,32; 0,4; 0,3	0,34	0,0028	0,0529	0,34±0,041	9,0
9	15	225	1,1; 1,12; 0,93	1,05	0,0109	0,1044	1,05±0,08	5,7
10		6000	0,75; 0,62; 0,73	0,7	0,0049	0,07	0,7±0,054	5,8
11	20	225	1,78; 1,47; 1,7	1,65	0,0259	0,1609	1,65±0,12	5,6
12		6000	1,04; 1,07; 1,22	1,11	0,0093	0,0964	1,11±0,075	5,0
13	25	225	2,24; 2,3; 2,06	2,2	0,0156	0,1249	2,2±0,096	3,3
14		6000	1,83; 1,83; 1,69; 1,66	1,74	0,011	0,105	1,74±0,066	3,0

Примітка: при N=3 t_β=1,886; при N=4 t_β=1,638.

вибіркових дисперсій, $F_{кр}$ – критичне значення розподілу Фішера – Снедекора, яка відділяє критичну область від області прийняття нульової гіпотези H_0 .

Емпіричне значення $F_{ем}$ визначаємо за формулою:

$$F_{ем} = \frac{D_{V.X}}{D_{V.Y}}, D_{V.X} \triangleright D_{V.Y}. \quad (1)$$

Критичне значення $F_{кр}$ визначаємо залежно від прийнятого рівня значущості α та ступенів вільності k_1 і k_2 :

$$k_1 = N_X - 1; k_2 = N_Y - 1. \quad (2)$$

У разі підтвердження гіпотези H_0 у результаті порівняння дисперсій проводиться перевірка гіпотези H_0 про рівність середніх значень вибірок за статистичним критерієм T .

Умова прийняття нульової гіпотези про рівність середніх значень вибірок для вибраного рівня значущості α має вигляд – $T_{ем} < T_{кр}$. де $T_{ем}$ – експериментальне (емпіричне) значення критерія, обчислене за середніми значеннями вибірок, $T_{кр}$ – критичне значення розподілу Стюдента, яка відділяє критичну область від області прийняття нульової гіпотези H_0 .

Якщо об'єми N_X і N_Y порівнюваних вибірок менші 30, емпіричне значення критерію Стюдента $T_{ем}$, визначається за формулою:

$$T_{ем} = \frac{\bar{V}_{CP.X} - \bar{V}_{CP.Y}}{(N_X - 1)D_{V.X} + (N_Y - 1) \cdot D_{V.Y}} \times \sqrt{\frac{N_X \cdot N_Y (N_X + N_Y - 2)}{N_X + N_Y}}. \quad (3)$$

Критичне значення $T_{кр}$ визначаємо залежно від прийнятого рівня значущості α та ступеня вільності k

$$k = N_X + N_Y - 2. \quad (4)$$

В таблиці 2 наведені результати перевірки нульової гіпотези $D_{V.X} = D_{V.Y}$. Прийнятий рівень значущості – $\alpha=0,01$.

За таблицею 2 нульова гіпотеза про рівність вибіркових дисперсій підтверджується для всіх порівнюваних вибірок. Іншими словами, за вибірковими значеннями дисперсій ці вибірки належать до однієї генеральної сукупності. Імовірність прийняття такого рішення – $\beta=0,99$.

В таблиці 3 наведені результати перевірки нульової гіпотези $\bar{V}_{CP.X} = \bar{V}_{CP.Y}$. Прийнятий рівень значущості – $\alpha=0,05$.

За таблицею 3 нульова гіпотеза про рівність середніх значень вибірок не підтверджується. Іншими словами, за середніми значеннями вибірок не належать до однієї генеральної сукупності. Імовірність прийняття такого рішення $\beta=0,95$.

За методикою обробки експериментальних даних апроксимація вважається задовільною, коли виконується умова $0,1\bar{Y} \triangleright \sigma_0$, де \bar{Y} – середнє значення функції, σ_0 – величина основної похибки при підборі вирівнюючої залежності. Крім перевірки цієї умови для апроксимуючої залежності треба перевірити нульову гіпотезу H_0 про рівність нулеві генерального коефіцієнта кореляції $r_T=0$. З цією метою обчислюється спостережуване значення статистичного критерію $T - T_{СП}$ за формулою:

$$T_{СП} = \frac{r_B \sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r_B^2}}, \quad (5)$$

Таблиця 2 – Перевірка нульових гіпотез $D_{V_X} = D_{V_Y}$.

№ виб.	F _{CT} , кН	C, кН./м	D _V	N	F _{ем}	F _{кр}	F _{ем} <F _{кр}
1	2,5	225	7,02·10 ⁻⁴	3	5,32	99,01	Викон.
2		6000	1,32·10 ⁻⁴	3			
3	5	225	0,0028	3	4		Викон.
4		6000	0,0007	3			
5	7,5	225	0,0061	3	8,7		Викон.
6		6000	0,0007	3			
7	10	225	0,0063	3	2,25		Викон.
8		6000	0,0028	3			
9	15	225	0,0109	3			Викон.
10		6000	0,0049	3			
11	20	225	0,0259	3	2,8		Викон.
12		6000	0,0093	3			
13	25	225	0,0156	3	1,42	30,81	Викон.
14		6000	0,011	4			

Таблиця 3 – Перевірка нульових гіпотез $\bar{V}_{CP.X} = \bar{V}_{CP.Y}$.

№ виб.		C , кН./м	V_{CP}	N	T_{em}	$T_{кр}$	$T_{em} < T_{кр}$
1	2,5	225	0,08	3	3,06	2,13	Не викон.
2		6000	0,029	3			
3	5	225	0,22	3	3,8	2,13	Не викон.
4		6000	0,09	3			
5	7,5	225	0,38	3	3,99	2,13	Не викон.
6		6000	0,19	3			
7	10	225	0,58	3	4,36	2,13	Не викон.
8		6000	0,34	3			
9	15	225	1,05	3	4,8	2,13	Не викон.
10		6000	0,7	3			
11	20	225	1,65	3	4,985	2,13	Не викон.
12		6000	1,11	3			
13	25	225	2,2	3	5,32	2,02	Не викон.
14		6000	1,74	4			

Таблиця 4 – Результати підбору кореляційних емпіричних залежностей між осьовим статичним навантаженням на долото та механічною швидкістю буріння

C , кН/м	Вид залежності	Основна похибка σ_0	$V_{MEX,CP}$	Перевірка умови $0,1 V_{MEX,CP} > \sigma_0$
225	$V_{MEX} = 0,021 \cdot F_{CT}^{1,4441}$	0,021	0,77	Викон.
6000	$V_{MEX} = 0,005 \cdot F_{CT}^{1,7886}$	0,022	0,52	Викон.

де: γ_B – коефіцієнт кореляції між змінними величинами вибірки, що аналізується;

N – об'єм вибірки.

Умова відхилення нульової гіпотези має вигляд $T_{СП} > T_{кр}$, де $T_{кр}$ – значення критичної точки розподілу Стюдента, яка відокремлює критичну область від області прийняття нульової гіпотези H_0 . Значення $T_{кр}$ залежить від вибраного рівня значущості α і кількості ступенів вільності $K=N-2$.

В таблиці 4 наведені результати підбору кореляційних емпіричних залежностей між осьовим статичним навантаженням на долото та механічною швидкістю буріння методом найменших квадратів за даними таблиці 1.

На рисунку 1 зображені кореляційні емпіричні залежності між осьовим статичним навантаженням на долото та механічною швидкістю буріння.

Таблиця 5 – Статистичні характеристики виборок значень механічної швидкості буріння другої серії досліджень за рівня надійності $\beta=0,8$

№ виб	$p_{ш}$, МПа	$F_{СТ}$, кН	C , кН/м	$V_{мех.і}$, м/год	$V_{мех.ср}$, м/год	Дисперсія D_V (м/год) ²	Стандарт σ_V , м/год	Надійний інтервал, $V_{мех.ср} \pm \varepsilon_V$	Точність визначення $V_{мех.ср}$ -Т%
15	1440	10	225	5,7; 5; 6,1	5,6	0,31	0,5568	5,6±0,61	5,7
16			6000	4,5; 5,4; 5,1	4,9	0,21	0,4583	4,9±0,5	5,3
17		13	225	7,5; 6,25; 7,25	7	0,4375	0,6614	7,0±0,72	5,4
18			6000	6,45; 5,75; 5,8	6	0,1525	0,3905	6,0±0,42	3,8
19		15,5	225	10,7; 9,8; 8,6	9,7	1,11	1,0536	9,7±0,1,15	6,3
20			6000	8,6; 6,9; 6,7	7,4	1,09	1,044	7,4±0,1,14	8,1
21		18	225	11,1; 10,4; 10,3	10,6	0,19	0,4359	10,6±0,47	2,4
22			6000	10,1; 9; 9,4	9,5	0,31	0,5568	9,5±0,61	3,4
23		21	225	12,83; 11,57; 12,8	12,4	0,5169	0,719	12,4±0,78	3,3
24			6000	10,1; 10,1; 11,6	10,6	0,76	0,866	10,6±0,48	4,7
25		26,5	6000	15,5; 13,5; 14,2	14,4	1,03	1,0149	14,4±1,1	4,1
26		29	225	19,5; 18; 18,3	18,6	0,63	0,7937	18,6±0,86	2,5
27			6000	17,2; 15,6; 17	16,6	0,76	0,8718	16,6±0,48	3,0
28	2050	10	225	4; 3,6; 3,5	3,7	0,07	0,2646	3,7±0,29	4,1
29			6000	2,3; 2; 2	2,1	0,03	0,1732	2,1±0,19	4,8
30		11,5	225	3,6; 3,5; 4,3	3,8	0,19	0,4359	3,8±0,47	6,6
31			6000	3,1; 2,7; 2,6	2,8	0,07	0,2646	2,8±0,29	5,5
32		14,25	225	4,7; 4,6; 5,1	4,8	0,07	0,2646	4,8±0,29	1,7
33		15,5	6000	3,2; 2,8; 2,85	2,95	0,0475	0,2179	2,95±0,24	4,3
34		21	6000	4,2; 3,5; 3,7	3,8	0,13	0,3606	3,8±0,39	5,5
35		24	225	9,4; 8,5; 8,8	8,9	0,21	0,4583	8,9±0,5	3,0

Таблиця 6 – Статистичні характеристики виборок значень механічної швидкості буріння третьої серії досліджень за рівня надійності $\beta=0,8$.

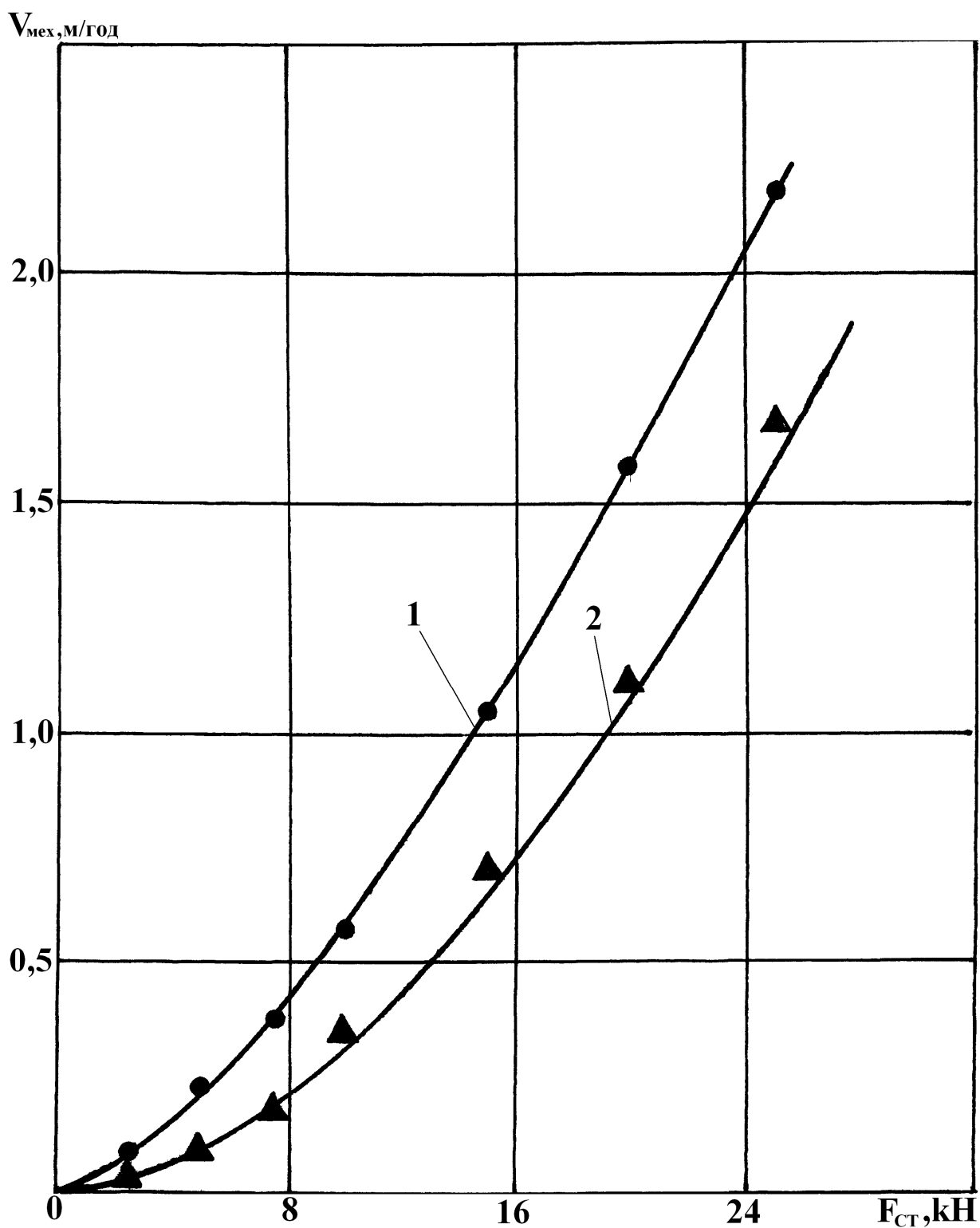
№ виб	$n_{хв}$	C , кН/м	$V_{мех.і}$, м/год	$V_{мех.ср}$, м/год	Дисперсія D_V (м/год) ²	Стандарт σ_V , м/год	Надійний інтервал, $V_{мех.ср} \pm \varepsilon_V$	Точність визначення $V_{мех.ср}$ -Т%
36	82	225	2,24; 2,3; 2,06	2,2	0,0156	0,1249	2,2±0,14	3,3
37		6000	1,83; 1,83; 1,69; 1,66	1,74	0,011	0,105	1,74±0,086	3,0
38	133	225	3,45; 3,58; 3,05	3,36	0,0763	0,2762	3,36±0,3	4,7
39		6000	2,5; 2,85; 2,84	2,73	0,0397	0,1992	2,73±0,15	4,2
40	188	225	4,57; 4,4; 4,14	4,37	0,0469	0,2166	4,37±0,24	3,9
41		6000	3,8; 3,38; 3,74	3,64	0,0516	0,2272	3,64±0,25	3,6
42	285	225	7,95; 6,68; 7,15	7,26	0,4126	0,6421	7,26±0,7	5,1
43		6000	6,0; 5,4; 4,98	5,46	0,2628	0,5126	5,46±0,56	5,4

Методика аналізу досліджень другої та третьої серій така ж, як і першої серії. Залежності $V_{MEX} = f(F_{СТ})$, одержані за результатами цього аналізу другої серії, зображені на рисунку 2. Залежності $V_{MEX} = f(n_{дол})$, одержані за результатами аналізу третьої серії, зображені на рисунку 3.

За результатами досліджень впливу осьового статичного навантаження на долото та жорсткості бурового інструменту на механічну швидкість буріння можна зробити такі висновки:

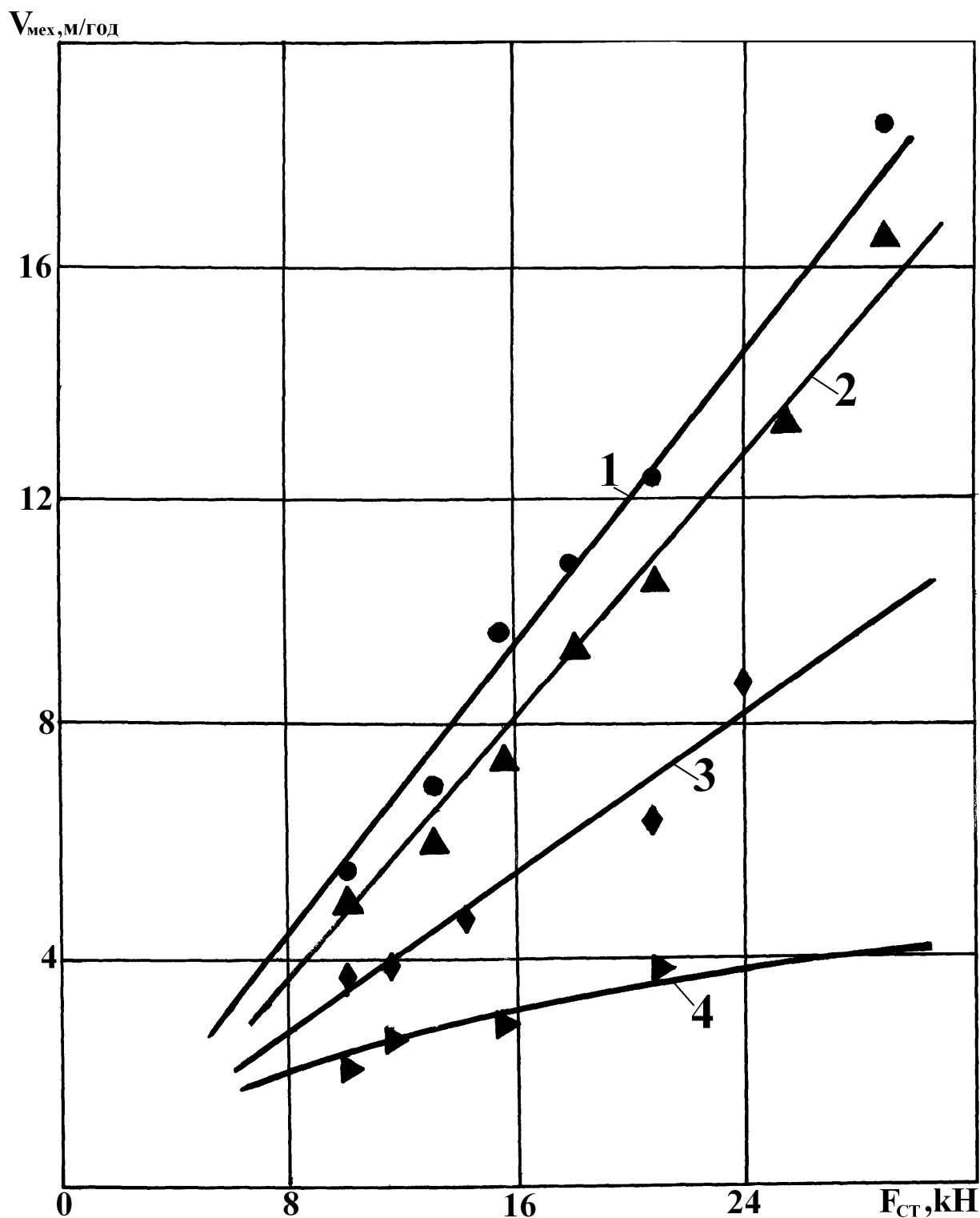
1) із збільшенням осьового статичного навантаження на долото механічна швидкість буріння зростає, що підтверджує результати досліджень, проведених Сімоновим В.В., Потаповим Ю.Ф. та іншими вченими;

2) вид кореляційної емпіричної залежності $V_{MEX} = f(F_{СТ})$ – не однаковий для різних типорозмірів долота. У процесі буріння долотом 760К це степенева залежність, для долота 93Т – в основному лінійна;



1(●) – компоновка бурильного інструмента жорсткістю 225кН/м – $V_{\text{МЕХ}} = 0,021 \cdot F_{\text{СТ}}^{1,4441}$;
 2(▲) – компоновка бурильного інструмента жорсткістю 6000кН/м – $V_{\text{МЕХ}} = 0,005 \cdot F_{\text{СТ}}^{1,7886}$

Рисунок 1 – Залежності механічної швидкості буріння від осьового статичного навантаження на долото



- 1(●) - компоновка бурильного інструмента жорсткістю 225кН/м,
 $r_{ш}=1440\text{МПа}$ - $V_{MEX}=-0,577+0,6379851F_{CT}$;
 2(▲) - компоновка бурильного інструмента жорсткістю 6000кН/м,
 $r_{ш}=1440\text{МПа}$ - $V_{MEX}=-0,74+0,567079F_{CT}$;
 3(◆) - компоновка бурильного інструмента жорсткістю 225кН/м,
 $r_{ш}=2050\text{МПа}$ - $V_{MEX}=-0,037+0,3457898F_{CT}$;
 4(►) - компоновка бурильного інструмента жорсткістю 6000кН/м,
 $r_{ш}=2050\text{МПа}$ - $V_{MEX}=-0,08+0,799619\sqrt{F_{CT}}$

Рисунок 2 – Залежності механічної швидкості буріння від осьового статичного навантаження на долото

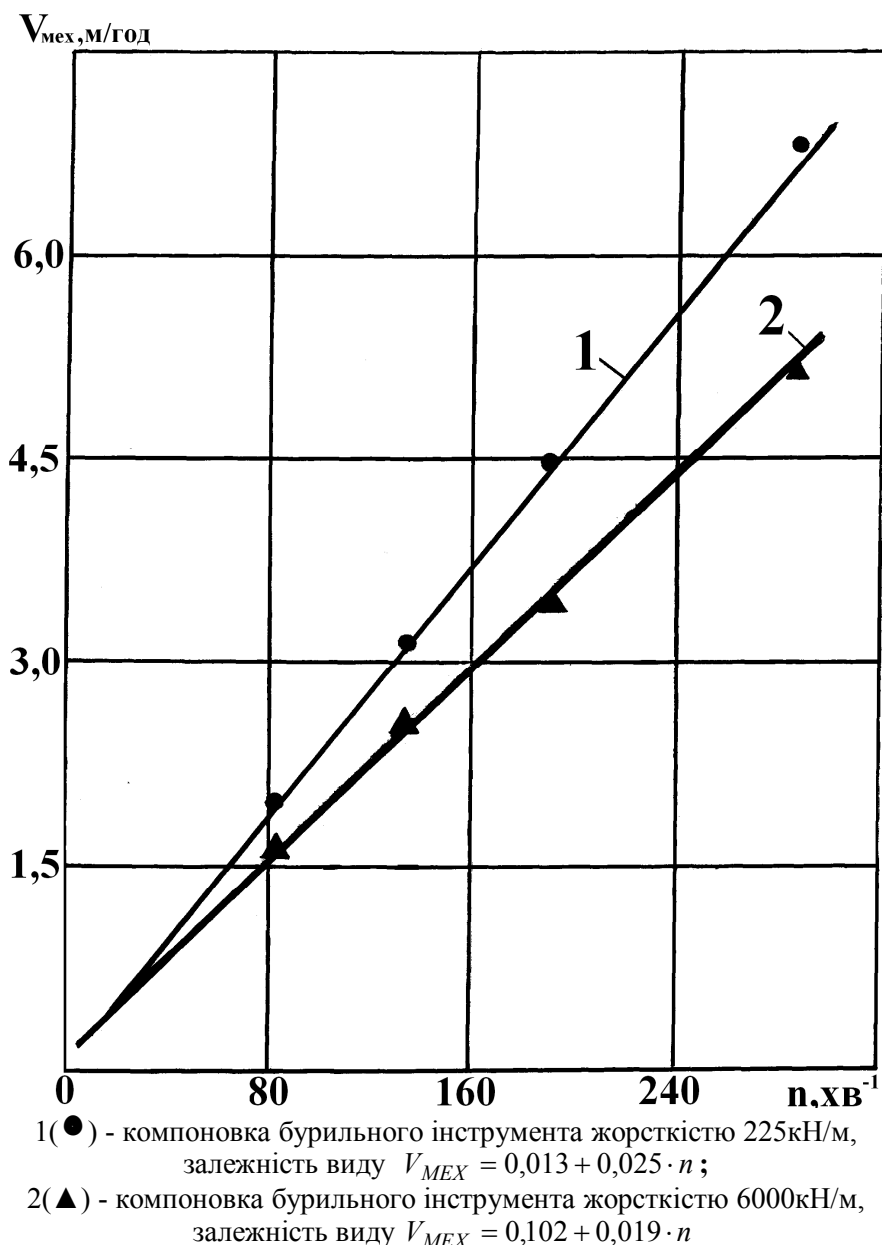


Рисунок 3 – Залежності механічної швидкості буріння від частоти обертання долота

3) зменшення жорсткості бурильного інструменту з 6000 до 225кН/м, що досягалось використанням у компоновці бурильного інструменту наддолотного амортизатора, призводить до збільшення механічної швидкості буріння. Імовірність такого висновку - 0,95 і вона не залежить від осьового статичного навантаження на долото, типу долота, частоти його обертання і фізико-механічних характеристик гірської породи;

4) залежність $V_{MEX} = f(n_{дол})$ – лінійна. Із зменшенням жорсткості бурового інструменту механічна швидкість буріння зростає для всіх значень частоти обертання, ця різниця збільшується зі зростанням частоти обертання долота;

5) ефективність використання наддолотного амортизатора у компоновці бурильного інструмента зростає із збільшенням параметрів буріння, осьового статичного навантаження на долото та частоти обертання.

Література

1. Назаров В.И. Амортизаторы для бурения скважин / В.И. Назаров. – М.:ВНИИОЭНГ, 1985.
2. Применение забойных виброгасителей при бурении нефтяных и газовых скважин в США // Нефтяная и газовая промышленность. – 1974. – №3. – С.50-52.
3. Повышение стойкости опор шарошечных долот при бурении глубоких скважин / А.И.Ямалтдинов, М.Р. Мавлютов, А.И.Спивак и др. – М.: ВНИИОЭНГ, 1986. – 34с.

Стаття надійшла до редакційної колегії
26.11.10

Рекомендована до друку професором
Коцкуlichem Я.С.